

IIP-115-A

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Aoyama  
Serial Number: Unknown  
Filed: Concurrently herewith  
Group Art Unit: Unknown  
Examiner: Unknown  
Confirmation No.: Unknown  
Title: POSITION MEASUREMENT METHOD, AN APPARATUS,  
A COMPUTER PROGRAM, AND A METHOD FOR  
GENERATING CALIBRATION INFORMATION

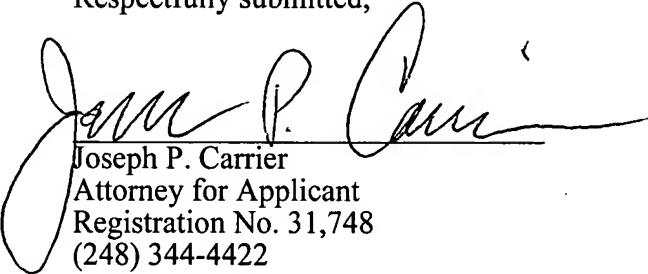
TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner For Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In connection with the identified application, applicant encloses for filing certified copies of: Japanese Patent Application No. 2003-103498, filed 07 April 2003, and Japanese Patent Application No. 2003-110466, filed 15 April 2003, to support applicant's claim for Convention priority under 35 USC §119.

Respectfully submitted,

  
Joseph P. Carrier  
Attorney for Applicant  
Registration No. 31,748  
(248) 344-4422

Customer Number 21828  
Carrier, Blackman & Associates, P.C.  
24101 Novi Road, Suite 100  
Novi, Michigan 48375  
23 March 2004

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the U.S. Postal Service as Express Mail Certificate ET986049475US in an envelope addressed to Mail Stop Patent Application, Commissioner For Patents, PO Box 1450, Alexandria VA 22313-1450 on 23 March 2004.

Dated: 23 March 2004  
JPC/km  
enclosures

  
Kathryn MacKenzie

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日      2003年  4月15日  
Date of Application:

出願番号      特願2003-110466  
Application Number:

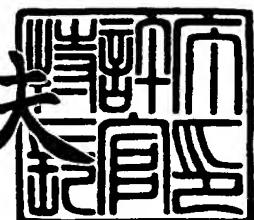
[ST. 10/C] :      [JP2003-110466]

出願人      本田技研工業株式会社  
Applicant(s):

2004年  1月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康泰



【書類名】 特許願

【整理番号】 H103055501

【提出日】 平成15年 4月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 11/25

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号

株式会社本田技術研究所内

【氏名】 青山 千秋

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064414

【弁理士】

【氏名又は名称】 磯野 道造

【電話番号】 03-5211-2488

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015392

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9713945

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レンジファインダ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 投光器により対象物に平行光線を照射し、カメラにより前記対象物に照射された対象物を撮像し、前記投光器の発光位置と前記カメラの光学中心との位置関係、及び撮像された画像における前記平行光線の照射位置から、前記対象物の形状を測定するレンジファインダであって、

前記カメラのレンズ系の光学中心に対する、前記レンズ系に入射される入射光線のズレ量を算出し、このズレ量に基づいて前記対象物の形状を補正する補正手段を設けたことを特徴とするレンジファインダ。

【請求項 2】 投光器により対象物に平行光線を照射し、カメラにより前記平行光線が照射された対象物を撮像し、前記投光器の発光位置と前記カメラの光学中心との位置関係、及び撮像された画像における前記平行光線の照射位置から、前記対象物の形状を測定するレンジファインダであって、

前記カメラで撮像した画像を入力する画像入力手段と、

この画像入力手段で入力された画像において、照射された平行光線の画素位置を検出する画素位置検出手段と、

前記カメラで撮像される画像の画素位置と、その画素への入射光線の方向及び基準位置から入射光線への変位量とを関連づけた較正テーブルを蓄積した較正テーブル蓄積手段と、

前記画素位置検出手段で検出された画素位置に基づき、前記較正テーブルを参照して、その画素位置に対応する入射光線の方向及び変位量を取得し、この入射光線の方向及び変位量を利用して前記照射位置を算出する位置算出手段とを備えることを特徴とするレンジファインダ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、非接触で対象物の形状を測定するレンジファインダに関する。

【0002】

### 【従来の技術】

近年、CCDカメラやコンピュータ画像の処理の発展に伴って画像を使用した3次元計測が一般的になってきている。CCDカメラとコンピュータ画像処理を用いた3次元計測装置として、レンジファインダがある。レンジファインダは、対象物に対し、投光器からスリット光などの平行光線を照射し、対象物をカメラで撮像し、その撮像した画像から対象物の形状を測定する装置である。その原理は、投光器とカメラの位置関係と、撮像した画像中の平行光線の位置とから、三角測量に基づいて対象物の表面位置を計算する（例えば、特許文献1参照）。

### 【0003】

#### 【特許文献1】

特開平9-287927号公報（段落0025、図2等）

### 【0004】

#### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、従来のレンジファインダでは、投光器が、固定された一点から平行光線を照射し、カメラに入射される光線は、一点に収束することを前提として形状を測定している。つまり、カメラのレンズ系がピンホールカメラモデルに基づいていることが前提となっている。このピンホールカメラモデルとは、図7に示すように、基点位置（針穴：ピンホールH）を通して入射する光（入射光）のみが、画像面上に到達して、三次元空間が、画像面上の二次元空間に対応付けられるモデルを言う。このようにピンホールカメラモデルは、入射光線が一点のピンホールを通って画像が形成されることを想定している。

### 【0005】

しかし、ピンホールカメラではなく、ガラス等からなるレンズ系を有するカメラでは入射光線を延長しても1点に収束しない。そのため、レンズ系を有するカメラで撮像した画像には、非線形の歪みが存在し、周辺視野ほどその歪みが大きい。

したがって、従来のレンジファインダでは、この歪みの分だけ対象物の位置測定結果に誤差を生じていた。この誤差は、対象物との距離にも依存し、かつ対象物の距離による誤差の変化が非線形であった。そのため、対象物の距離がわかつ

ていれば、位置測定結果と、実際の位置との関係をとって較正することは可能ではあるが、対象物の距離は測定するまで未知であるので、完全に較正することはできなかった。

#### 【0006】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、従来のレンジファインダにおいて、ピンホールカメラモデルを前提とした誤差の根本原因を除去し、カメラと対象物の距離によらず正確な形状測定をすることが可能なレンジファインダを提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、前記目的を達成するために創案されたものであり、まず、請求項1に記載のレンジファインダは、投光器により対象物に平行光線を照射し、カメラにより前記対象物に照射された対象物を撮像し、前記投光器の発光位置と前記カメラの光学中心との位置関係、及び撮像された画像における前記平行光線の照射位置から、前記対象物の形状を測定するレンジファインダであって、前記カメラのレンズ系の光学中心に対する、前記レンズ系に入射される入射光線のズレ量を算出し、このズレ量に基づいて前記対象物の形状を補正する補正手段を設けたことを特徴とする。

#### 【0008】

このようなレンジファインダによれば、補正手段が光学中心（optical center）からの、カメラのレンズ系に入射する入射光線のズレ量を算出し、このズレ量に基づいて各測定位置、すなわち対象物の形状を補正することで、対象物の正確な形状を測定することが可能になる。なお、この光学中心とは、レンズ系の中央位置を示し、ピンホールカメラモデルのレンズ系においては、ピンホールの位置に該当するものである。

#### 【0009】

また、請求項2に記載のレンジファインダは、投光器により対象物に平行光線を照射し、カメラにより前記平行光線が照射された対象物を撮像し、前記投光器の発光位置と前記カメラの光学中心との位置関係、及び撮像された画像における

前記平行光線の照射位置から、前記対象物の形状を測定するレンジファインダであって、前記カメラで撮像した画像を入力する画像入力手段と、この画像入力手段で入力された画像において、照射された平行光線の画素位置を検出する画素位置検出手段と、前記カメラで撮像される画像の画素位置と、その画素への入射光線の方向及び基準位置から入射光線への変位量とを関連づけた較正テーブルを蓄積した較正テーブル蓄積手段と、前記画素位置検出手段で検出された画素位置に基づき、前記較正テーブルを参照して、その画素位置に対応する入射光線の方向及び変位量を取得し、この入射光線の方向及び変位量を利用して前記照射位置を計算する位置算出手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0010】

このようなレンジファインダは、まず、対象物に対し、投光器により平行光線が照射される。この平行光線は、投光器から広がることなく照射される光であれば良く、1点で照射されるスポット光や、帯状の光であるスリット光や、特定のパターンを有するパターン光などを単独で、またはこれらを組み合わせて使用することができる。

そして、画像入力手段が、カメラで撮像した画像をレンジファインダ内に入力し、画素位置検出手段がこの画像から照射された平行光線の画素位置を認識する。さらに位置算出手段が、較正テーブルを参照して前記画素位置に対応する入射光線の方向及び変位量を取得し、この入射光線の方向及び基準位置からの変位量を利用して照射位置、すなわち対象物の表面位置を計算する。

そのため、レンズに入射してくる入射光線の正確な方向に基づき、対象物の形状を測定できるので、対象物の形状を正確に測定することができる。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

次に、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

まず、一般にピンホールカメラモデルと呼ばれるカメラにおいて、画像の歪みの原因となる、入射光線が一点で交わらないカメラの非ピンホール性について説明し、その非ピンホール性を有するカメラの特性を数値化したキャリブレーションデータについて説明する。そして、カメラの撮像画素毎のキャリブレーション

データを測定して較正テーブルを生成する方法について説明し、この較正テーブルを有するレンジファインダについて順次説明する。

### 【0012】

#### [カメラの非ピンホール性について]

まず、図8を参照して、レンズ系を有するカメラで撮像した画像において、歪みが発生する原因について説明する。図8は、レンズ系を有するカメラの模式図である。ここでは、説明を簡略化するため、レンズ系を板ガラスGとし、絞りFによってピンホールHが生成されているものとする。このカメラCの板ガラスGに垂直に入射する入射光線r1は、ピンホールHを通って撮像面I上の画素R1に撮像される。また、板ガラスGに斜めに入射した入射光線r2及びr3は、板ガラスG内で屈折した後にピンホールHを通って撮像面I上の画素R2及びR3に撮像される。

### 【0013】

しかし、このカメラCは、板ガラスGを通過する前の入射光線r2及びr3の延長線であるr2'及びr3'と、入射光線r1とは、一点では交わらず、実際にはピンホールカメラモデルとはなっていないことがわかる。このため、撮像面I上の画素R3には、ピンホールカメラモデルで想定している入射光線rrとは、距離D分だけずれた入射光線r3が撮像されることになる。

### 【0014】

このように、レンズ系（ここでは板ガラスG）に入射される入射光線によって像を撮像するカメラは、ピンホール性が崩れることになる（非ピンホール性）。以下、レンズ系を有するカメラを「非ピンホールカメラ」と呼ぶこととする。

### 【0015】

#### [キャリブレーションデータについて]

次に、図9を参照して、非ピンホールカメラの特性を数値化したキャリブレーションデータについて説明する。図9は、キャリブレーションデータの内容を説明するための説明図である。図9に示すように、レンズ1に入射する入射光線Rは2点で特定することができる。ここでは、第1の光源位置P1と、第2の光源

位置P2とから発光される光が同一の画素（図示せず）に撮像されたときに、入射光線Rがその画素に対応する入射光線であると特定する。

### 【0016】

ここで、すべての入射光線との距離の自乗和が最小となる点を光学中心Oと定義し、各撮像画素に対応する入射光線Rと光学中心Oとの距離が最小となる点を、その入射光線Rの入射光基点Kと定義する。

### 【0017】

すなわち、光学中心O ( $x_0, y_0, z_0$ ) は、すべての入射光線において、光源位置P1 ( $x_1, y_1, z_1$ ) と光源位置P2 ( $x_2, y_2, z_2$ ) とで特定される、入射光線Rからの距離dの自乗（(1)式）和が最小になる位置を、最小自乗法によって求めた位置となる。

### 【0018】

$$d^2 = -\frac{A^2}{B} + C \quad \dots \quad (1)$$

### 【0019】

ただし、

$$A = (x_2 - x_1)(x_1 - x_0) + (y_2 - y_1)(y_1 - y_0) + (z_2 - z_1)(z_1 - z_0)$$

$$B = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

$$C = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2$$

とする。

### 【0020】

これによって、入射光線の方向（光源位置P1及びP2で特定される方向）と、光学中心Oから入射光基点Kへの変位量（3次元ベクトル $V_D$  ( $d_x, d_y, d_z$ ) で表現）とを対応付けたデータをキャリブレーションデータとすることで、非ピンホールカメラの特性を数値化することができる。

### 【0021】

なお、キャリブレーションデータは、これに限定されるものではない。例えば、前記した例では、光学中心Oを基準位置とし、光学中心Oから入射光線に降ろした垂線の足までのベクトルを変位量 $V_D$ としているが、基準位置は、光学中心に限らず、カメラと一定関係にある固定点であれば、どのような点でも構わない

。そして、変位量  $V_D$  は、基準位置から入射光線上の任意の一点へ向かうベクトルであればよく、基準位置から入射光線へ降ろした垂線の足へ向かうベクトルには限られない。

### 【0022】

#### [較正テーブルの生成方法]

次に、図10を参照して、非ピンホールカメラの特性を数値化したキャリブレーションデータをカメラの撮影画素（投影画素に相当）毎に関連付けた較正テーブルを生成する方法について説明する。図10は、較正テーブルを生成する方法の原理を示す概念図である。なお、図10（a）は、特定の入射光線に対して、カメラのパン及びチルトを変化させることで、キャリブレーションデータを測定する原理を示す概念図であり、図10（b）は、固定したカメラに対して、入射光線を変化させることで、キャリブレーションデータを測定する原理を示す概念図である。

### 【0023】

図10（a）に示すように、キャリブレーションデータを撮影画素毎に関連付けた較正テーブルを生成するには、非ピンホール性を有するカメラCに対して、光源位置をP1及びP2の1方向に移動させ（1軸移動）、光源位置P1及びP2で特定される入射光線Rを決定し、光源位置P1及びP2から発光される光が共に、測定を行う撮像画素に入射されるように、カメラCのパン及びチルトを調整（2軸回転）することで、カメラCの撮像画素毎に入射される入射光線Rの方向を特定する。

### 【0024】

また、図10（b）に示すように、カメラCは固定しておき、光源位置P1及びP2の2点で発光した入射光線Rが、測定画素に入射されるように、光源位置P1及びP2をXYZ方向に移動（3軸移動）させることで、その測定画素に入射される光源位置P1及びP2の2点で定まる入射光線Rの方向を特定することとしてもよい。

### 【0025】

図10（a）又は（b）で、測定を行った各撮像画素毎に特定された入射光線

Rに基づいて、入射光線Rの方向と、光学中心Oから入射光基点K（図9参照）への変位量とをキャリブレーションデータとして撮像画素（投影画素）毎に関連付けることで較正テーブルを生成することができる。

### 【0026】

#### [レンジファインダの構成]

次に、図1を参照して、レンジファインダについて説明を行う。図1は、本発明の実施の形態であるレンジファインダの構成を示したブロック図である。図1に示したレンジファインダ1は、レーザ照射装置50で対象物OBに対し照射した光（平行光線）を、カメラCで撮像し、得られた画像から、対象物OBの3次元位置を検出するものである。そして、レーザ照射装置50の光束の方向を上下、左右に振って、多数の点で3次元位置を測定することにより、対象物OBの形状を測定する。

ここでは、レンジファインダ1を、レーザ照射装置（投光器）50と、カメラCと、画像入力手段10と、画素位置検出手段20と、較正テーブル蓄積手段30と、位置算出手段40とを備えて構成した。

### 【0027】

レーザ照射装置50は、図2に示すブロック図のように、レーザ光を発光するレーザ発光部51と、レーザ発光部51から照射されたレーザ光を集光して細いビームにする集光レンズ52と、集光レンズ52で集光されたレーザ光を複数のビームに分ける回折格子53とを備えている。回折格子53は、紙面に垂直な方向へビームを分けるものである。

また、回折格子の後段には、分かれたビームを1方向に拡散してスリット光を生成するビーム拡散レンズ54が設けられている。ビーム拡散レンズ54は、シリンドリカルレンズ等で構成される。このビーム拡散レンズ54によって、複数のビームのそれぞれは、60°の角度で拡散される。

図3に、レーザ光の照射状態を図示する。図3に示すように、レーザ照射装置50から発せられたレーザ光LBは、円錐面状に拡散され、平面PL上で二次曲線の軌跡RLを形成し、反射・散乱している。この反射・散乱が、特許請求の範囲にいう照射位置を示すことになる。レーザ光LBは、回折格子53によって、

5つのビーム（レーザ光LB）に分けられており、さらにビーム拡散レンズ54によって、5つのビームが $60^{\circ}$ に拡散されている。これらレーザ光LBは、5つに分かれたビームごとに異なる原点OLから放射状に広がるように発せられている。

なお、図3では、見やすくするためにビームの数を「5」としているが、実用上は、より細かい間隔でレーザ光を分ける。たとえば、図3に示す角度Bが $32^{\circ}$ であり、隣り合うレーザ光の角度Cを $1.6^{\circ}$ とする。すなわち、ビームの数は「21」となる。

#### 【0028】

また、レーザ照射装置50は、レンズ系で回折・拡散するものに限らず、一点のスポット光を発するレーザ光を、上方向（x方向）、横方向（y方向）に機械的に回動させてもよい。その場合には、レーザ光が、一点から放射状に発せられるように回動機構を構成すると、対象物の位置算出が容易になる。

#### 【0029】

画像入力手段10は、カメラCで対象物OBを撮像した画像を入力するものである。入力する画像は、カラー画像や、多階調の白黒画像として入力する。画像入力手段10には、カメラCで撮像された各画像を一時的に記憶しておく、図示していないメモリを備えており、このメモリに記憶された画像を、後記する画素位置検出手段20が参照するものとする。

#### 【0030】

画素位置検出手段20は、画像入力手段10で入力された画像において、レーザ光の照射位置を検出し、その画素位置を特定するものである。具体的には、画像上の明度分布を見て、明度がピークとなる画素を検出する。ここで検出された各画像の画素位置は、位置算出手段40へ入力される。

#### 【0031】

較正テーブル蓄積手段30は、ハードディスク等の一般的な記憶媒体であって、カメラCの撮像画素毎にキャリブレーションデータを対応付けた較正テーブル31を蓄積したものである。較正テーブル31は、例えば、図4のように画素のx座標、y座標の組合せに対し、その画素に入射してくる光線を特定する情報と

して、光学中心Oからの変位量 $V_D$  ( $d_x$ ,  $d_y$ ,  $d_z$ ) 及び角度 $\alpha$ 、 $\beta$ を対応づけて記憶されている。図5に示すように、角度 $\alpha$ 、 $\beta$ は、レーザ照射装置50のレーザ光LBが照射される原点 $O_L$ を座標軸の原点とし、レーザ照射装置50の向きを基準にX軸、Y軸、Z軸を設定し、図5のXZ平面に対する入射光線の角度を $\alpha$ 、図5のXY平面に対する入射光線の角度を $\beta$ としている。

#### 【0032】

位置算出手段40は、画素位置検出手段20で検出された各画像の画素位置に対応した、較正テーブル30のキャリブレーションデータ（入射光線の方向及び変位量 $V_D$ ）に基づいて、対象物OBの位置（3次元位置）を算出するものである。

#### 【0033】

##### [レンジファインダの動作]

次に、図5及び図6を参照して、レンジファインダ1の動作について説明する。図6は、レンジファインダ1の動作を示すフローチャートである。

まず、レンジファインダ1は、対象物OBにレーザ光LBを照射し（ステップS1）、カメラCで対象物OBを撮像する（ステップS2）。そして、画像入力手段10によって、撮像した画像を入力する（ステップS3）。

次に、レンジファインダ1は、画像入力手段10で入力された各画像において、画素位置検出手段20により、明度のピークを検出して、レーザ光LBの対象物OB上の照射位置に対応する画素位置を検出する（ステップS4）。

#### 【0034】

そして、レンジファインダ1は、位置算出手段40によって、較正テーブル31を参照して、前記画素位置に対応するキャリブレーションデータを取得し（ステップS5）、そのキャリブレーションデータに基づいて、カメラ基点位置 $P_C$  ( $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C_z$ ) を算出する（ステップS6）。カメラ基点位置は、図5に示すように、カメラCから、視線方向のベクトルを延ばす基点となる位置である。図5の座標系で、カメラCの光学中心Oの座標を、O ( $O_x$ ,  $O_y$ ,  $O_z$ ) とすると、カメラ基点位置 $P_C$  ( $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C_z$ ) は、

$$Cx = O_x + d_x$$

$$C_y = 0y + dy$$

$$C_z = 0z + dz$$

により表される。なお、本実施の形態では、較正テーブル31に、画素位置と、 $d_x$ ,  $d_y$ ,  $d_z$ を対応させ、 $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C_z$ を別途計算により算出しているが、較正テーブル31に、画素位置と $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C_z$ を対応させて記憶させて構わない。その場合には、特許請求の範囲にいう基準位置は、図5の座標系の原点、すなわち、レーザ光LBが照射される原点OLとなる。

### 【0035】

そして、カメラ基点位置 $P_C$ ( $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C_z$ )と、較正テーブル31から取得した角度 $\alpha$ 、 $\beta$ 、及びレーザ光の方向を特定する角度 $\omega$ 、角度 $\phi$ に基づき、照射位置を計算する。なお、角度 $\omega$ は、予め測定する対象までの距離が限定されている場合には、画像上の一定の範囲内には所定のレーザ光しか存在しないため、画素位置からレーザ光を決定でき対応する角度も決定できることになる。また、スポット光を機械的に振るようにレーザ照射装置を構成した場合には、そのスポット光が向けられた方向を機械的又は電気的に測定し、角度 $\omega$ 、角度 $\theta$ を画像と同期して位置算出手段40に取り込み、計算に使用すればよい。

### 【0036】

位置の計算は、例えば次のようにして行う。

図5のように、レーザ光BLの原点OLから照射位置 $P_0(X, Y, Z)$ までの距離を $r$ 、カメラCのカメラ基点位置 $P_C$ から照射位置 $P_0(X, Y, Z)$ までの距離をRとする。

そこで、照射位置 $P_0(X, Y, Z)$ は、レーザ光BLの方向ベクトルおよび距離 $r$ との関係では、幾何学的に次の(2)～(4)式

$$X = r \cos \omega \quad \dots \quad (2)$$

$$Y = r \sin \omega \quad \dots \quad (3)$$

$$Z = -r \cos \omega \sin \omega \quad \dots \quad (4)$$

の関係があり、視線方向ベクトルおよび距離Rとの関係では、次の(5)～(7)式

$$X = R \cos \alpha \cos \beta + C_x \quad \dots \quad (5)$$

$$Y = R \sin \alpha \cos \beta + C_y \dots \quad (6)$$

$$Z = -R \sin \beta + C_z \dots \quad (7)$$

の関係がある。

これらの式 (2) ~ (7) から、r、R、を求めるとき  
 $(0 \leq C_y \text{ and } 0 \leq \omega) \text{ or } (C_y < 0 \text{ and } \omega < 0)$  のとき

$$R = (-B + \sqrt{(B^2 - 4AC)}) / 2A$$

$\omega = 0$  のとき

$$R = -C_y / \sin \alpha \cos \beta$$

$(0 \leq C_y \text{ and } \omega < 0) \text{ or } (C_y < 0 \text{ and } 0 \leq \omega)$  のとき

$$R = (-B - \sqrt{(B^2 - 4AC)}) / 2A$$

$\omega = 0$  のとき

$$r = (R \sin \alpha \cos \beta + C_y) / \sin \omega$$

ただし、

$$A = \cos^2 \alpha \cos^2 \beta + \sin^2 \beta - \cos^2 \omega \sin^2 \alpha \cos^2 \beta / \sin^2 \omega$$

$$B = \cos \alpha \cos \beta C_x - \sin \beta C_z - \cos^2 \omega \sin \alpha \cos \beta C_y / \sin^2 \omega$$

$$C = C_x^2 + C_z^2 - \cos^2 \omega C_y^2 / \sin^2 \omega$$

となる。

### 【0037】

このようにして、レンジファインダ1は、カメラCの非ピンホール性を補正して、正確に照射位置を検出することが可能になる。そして、すべてのレーザ光L Bの照射位置について3次元位置を計算すれば、対象物OBの3次元形状を測定することができる。

なお、このレンジファインダ1を、移動ロボット、自動車等に組み込んで用いることも可能である。例えば、移動ロボットに本発明を適用し、移動ロボットが、床の形状を検出することで、床の凹凸を正確に認識することができ、移動ロボットが安定した歩行を行うことが可能になる。

### 【0038】

#### 【発明の効果】

以上説明したとおり、本発明に係るレンジファインダによれば、カメラの非ピ

ンホール性を考慮して、光学中心と実際にカメラのレンズ系に入射する光のズレを補正し、対象物の正確な位置・形状を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施形態に係るレンジファインダの構成を示すブロック図である。

【図 2】

レーザ照射装置のブロック図である。

【図 3】

レーザの照射状態を示す斜視図である。

【図 4】

較正テーブルの一例を示す図である。

【図 5】

照射位置の計算方法を説明する図である。

【図 6】

実施形態に係るレンジファインダの動作を示すフローチャートである。

【図 7】

ピンホールカメラモデルの概念を説明する図である。

【図 8】

レンズ系を有するカメラの模式図である。

【図 9】

キャリブレーションデータの内容を説明する図である。

【図 10】

キャリブレーションデータの生成方法を説明する図である。

【符号の説明】

- 1 レンジファインダ
- 1 0 画像入力手段
- 2 0 画素位置検出手段
- 3 0 較正テーブル蓄積手段
- 3 1 較正テーブル

40 位置算出手段

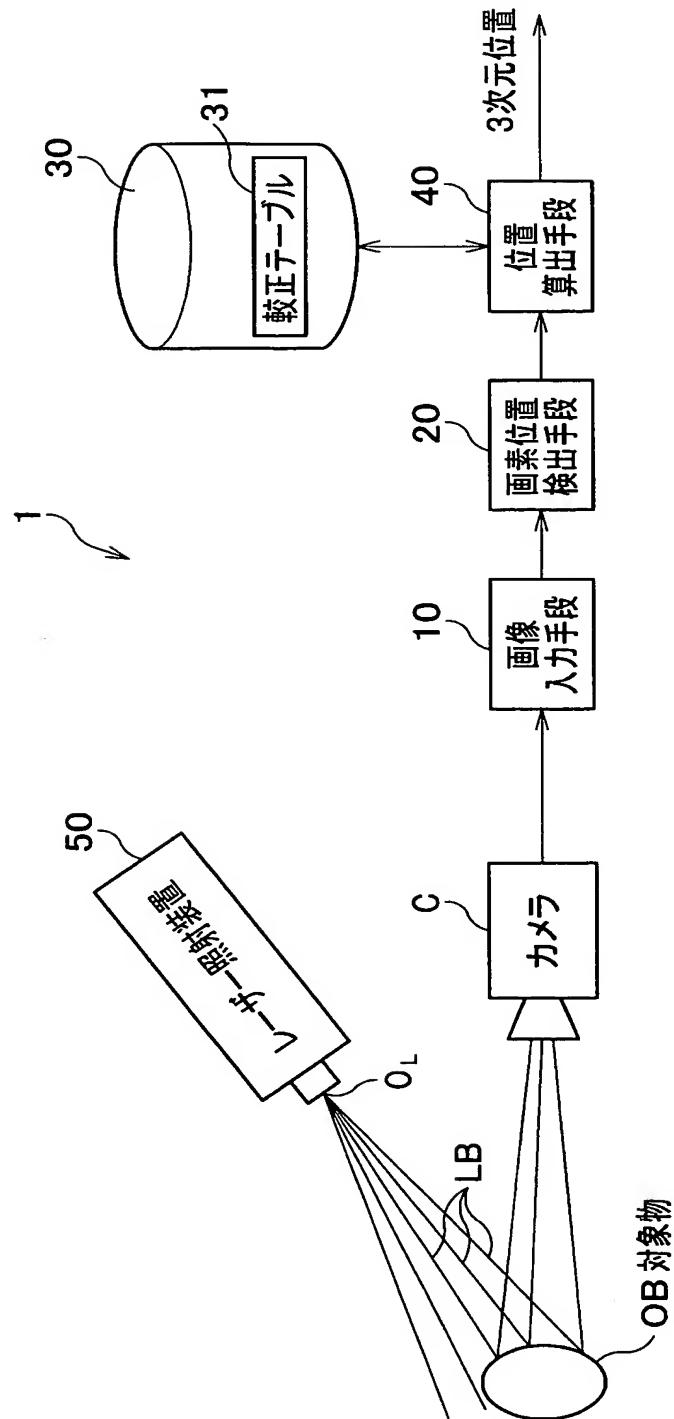
50 レーザ照射装置

C カメラ

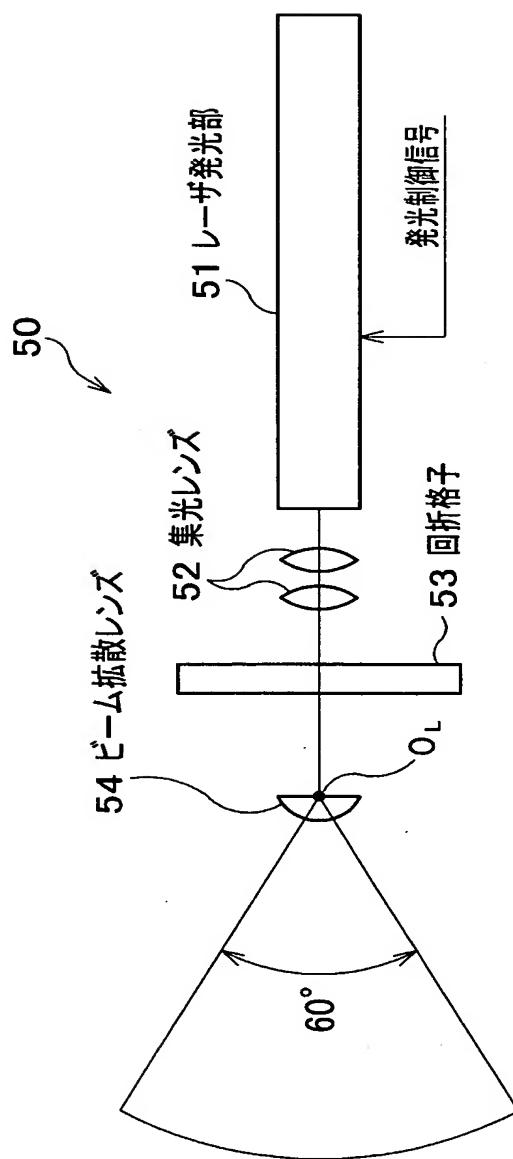
【書類名】

図面

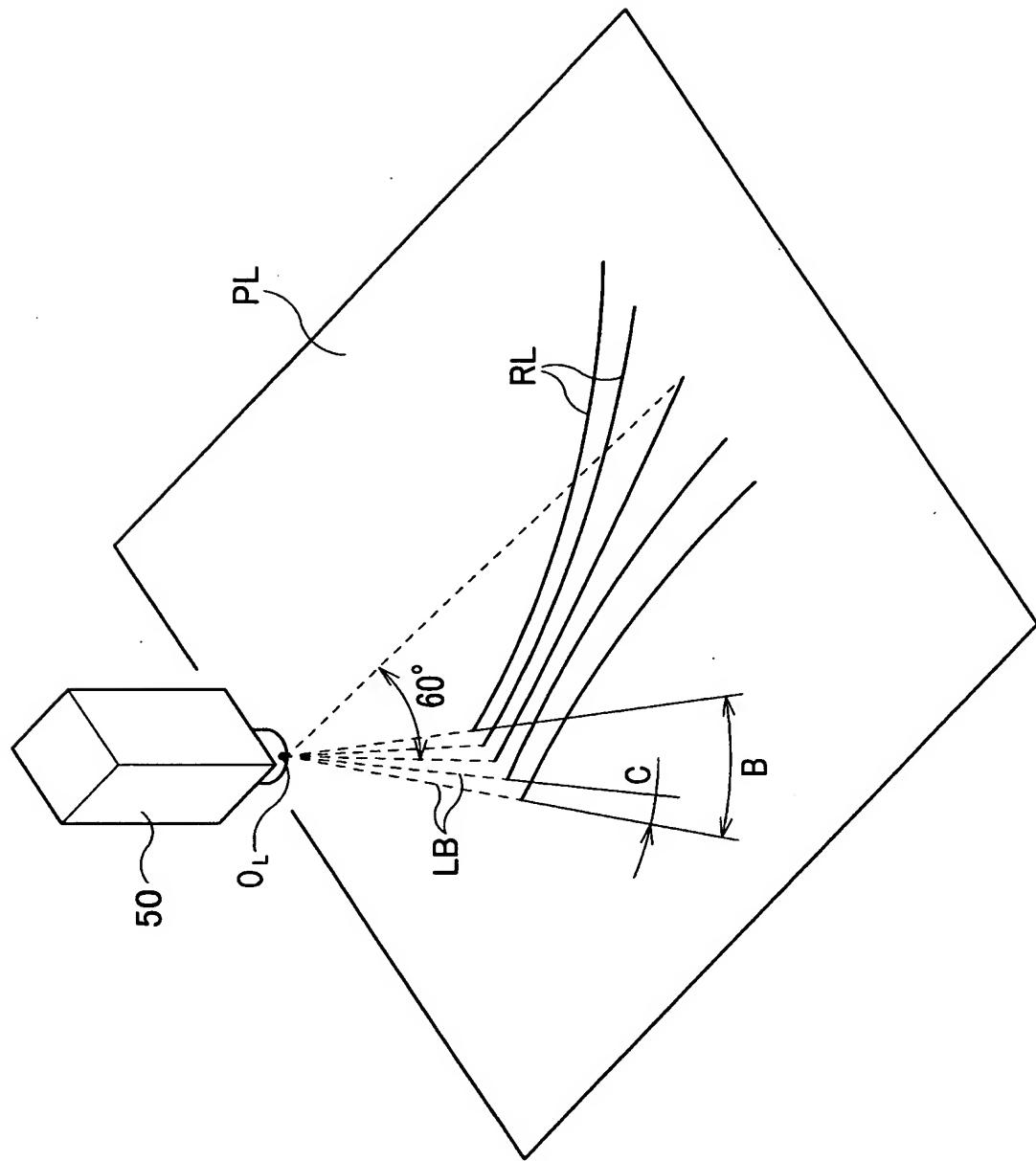
【図 1】



【図2】



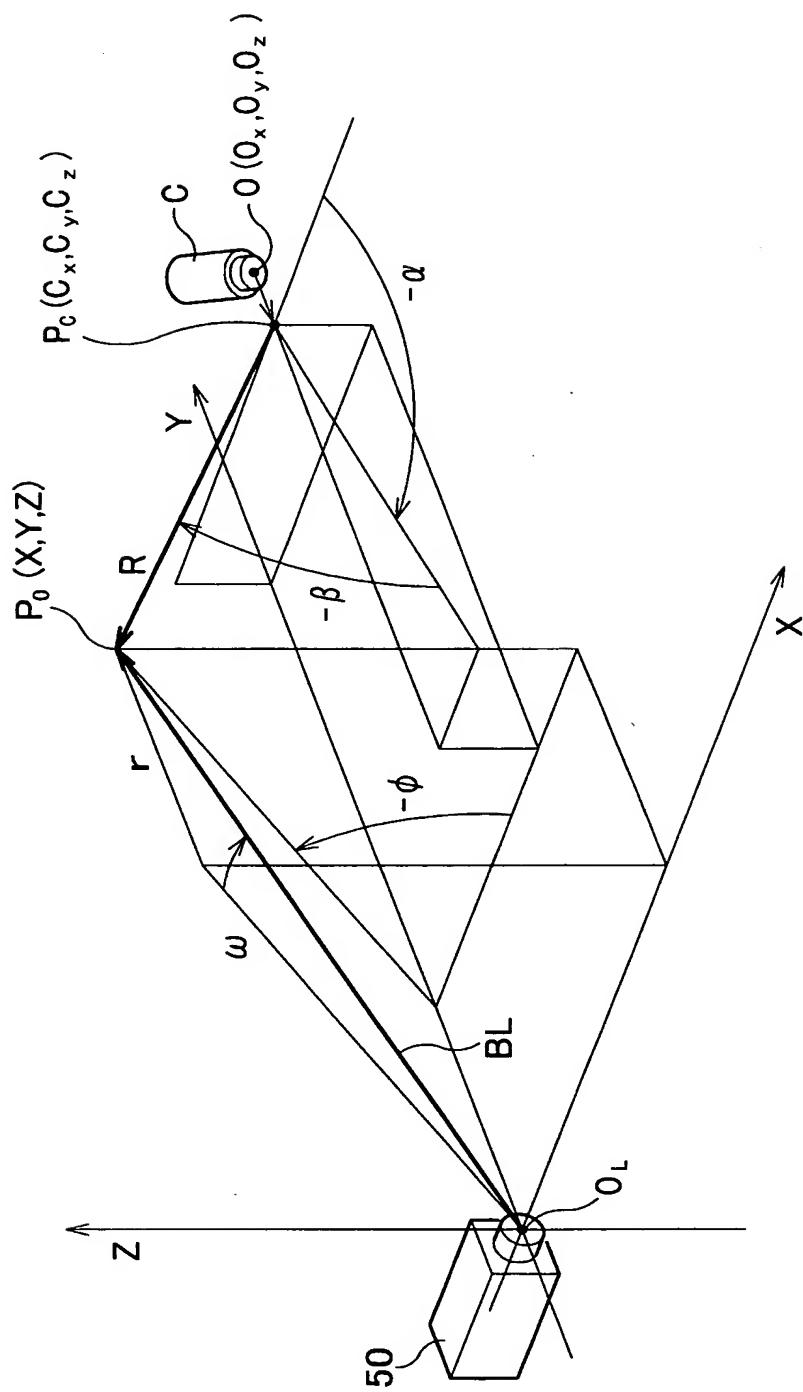
【図3】



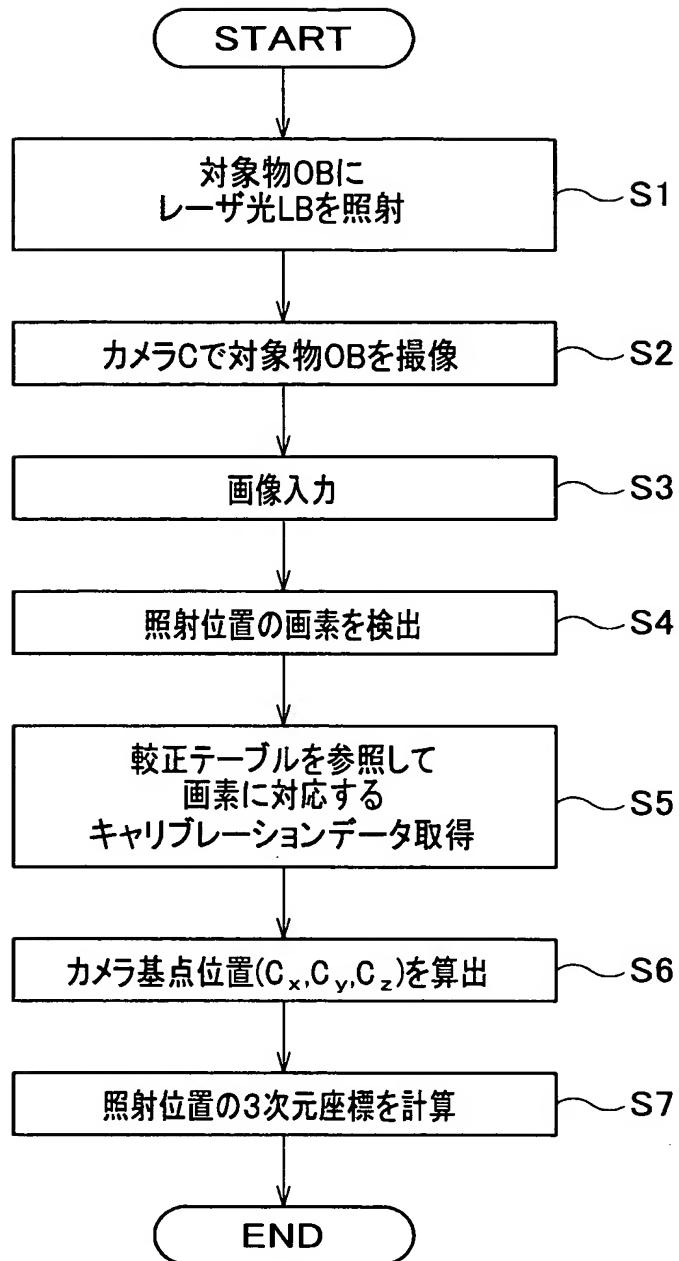
【図4】

x座標	y座標	dx	dy	dz	$\alpha$	$\beta$
0	0	0.01	0.02	-0.01	58.231	24.81
1	0	0.009	0.02	-0.01	58.22	24.81
3	0	0.009	0.02	-0.01	58.219	24.81
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
768	0	.	.	.	.	.
0	1	.	.	.	.	.
1	1	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

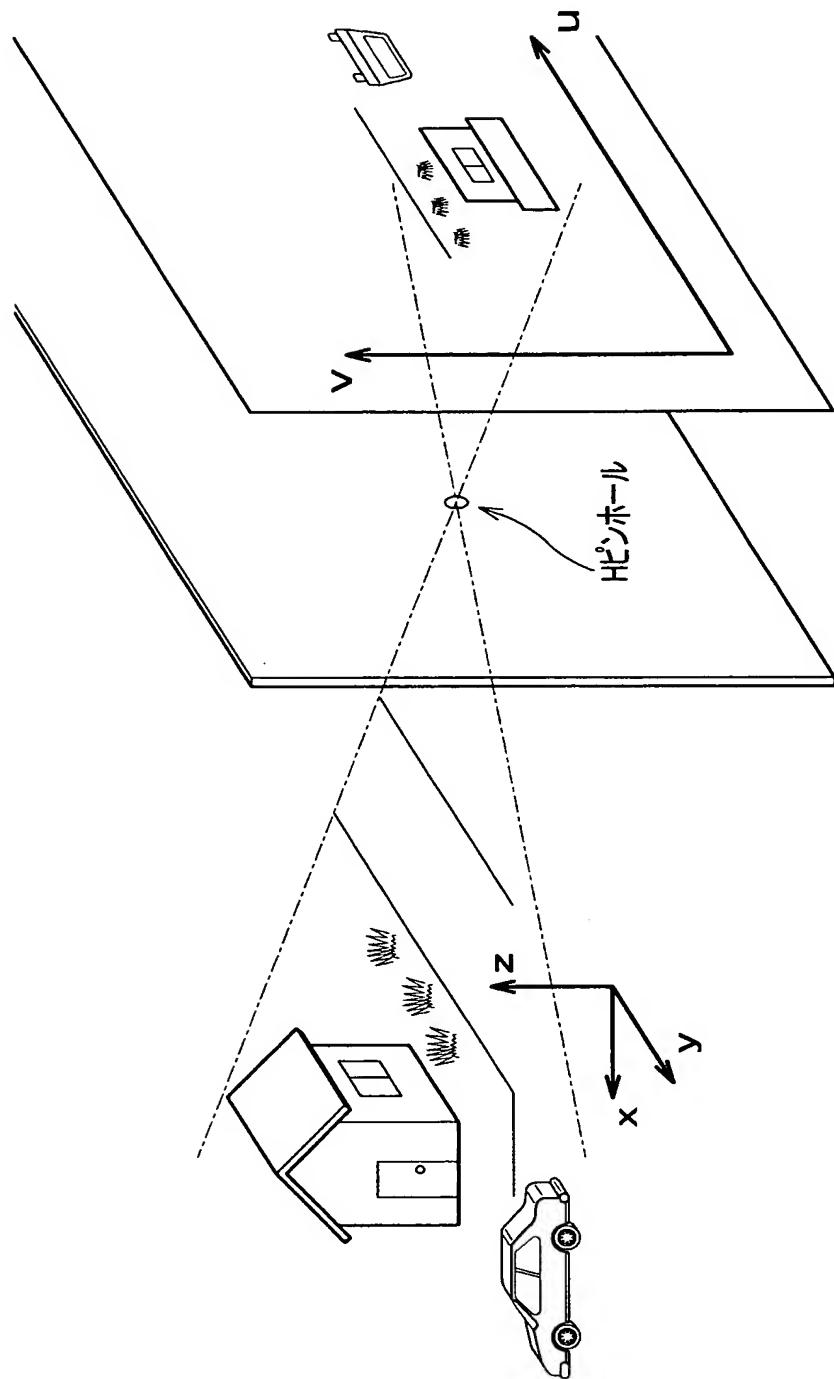
【図 5】



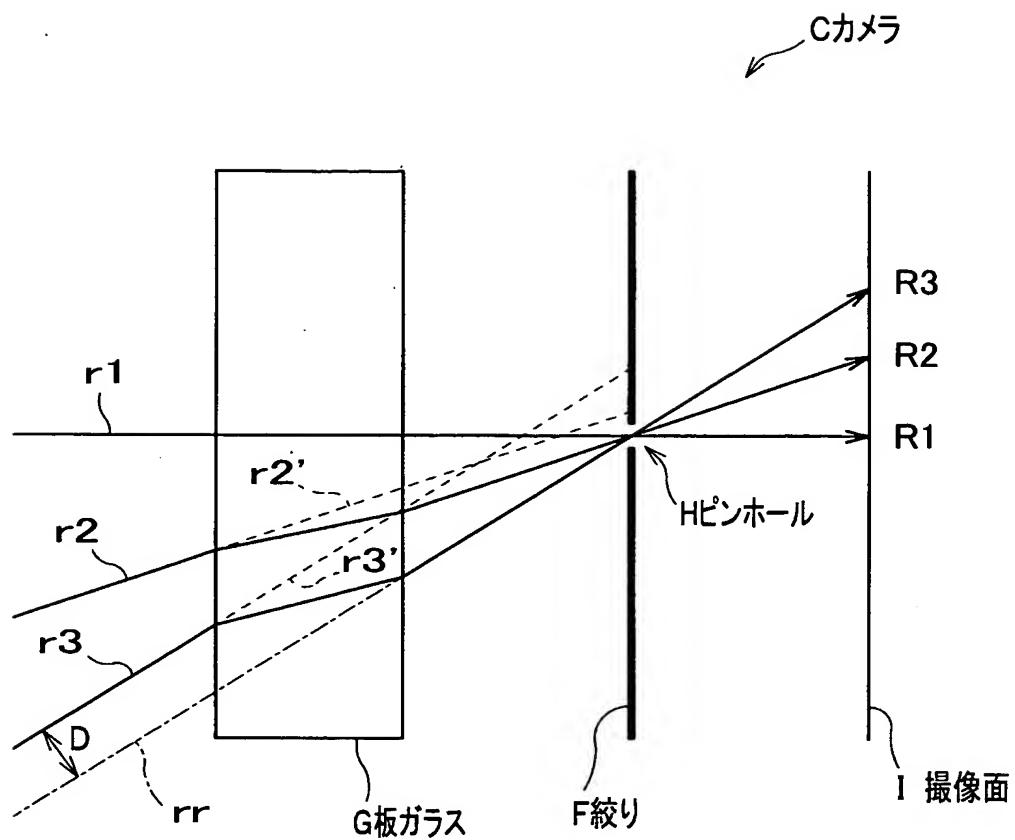
【図6】



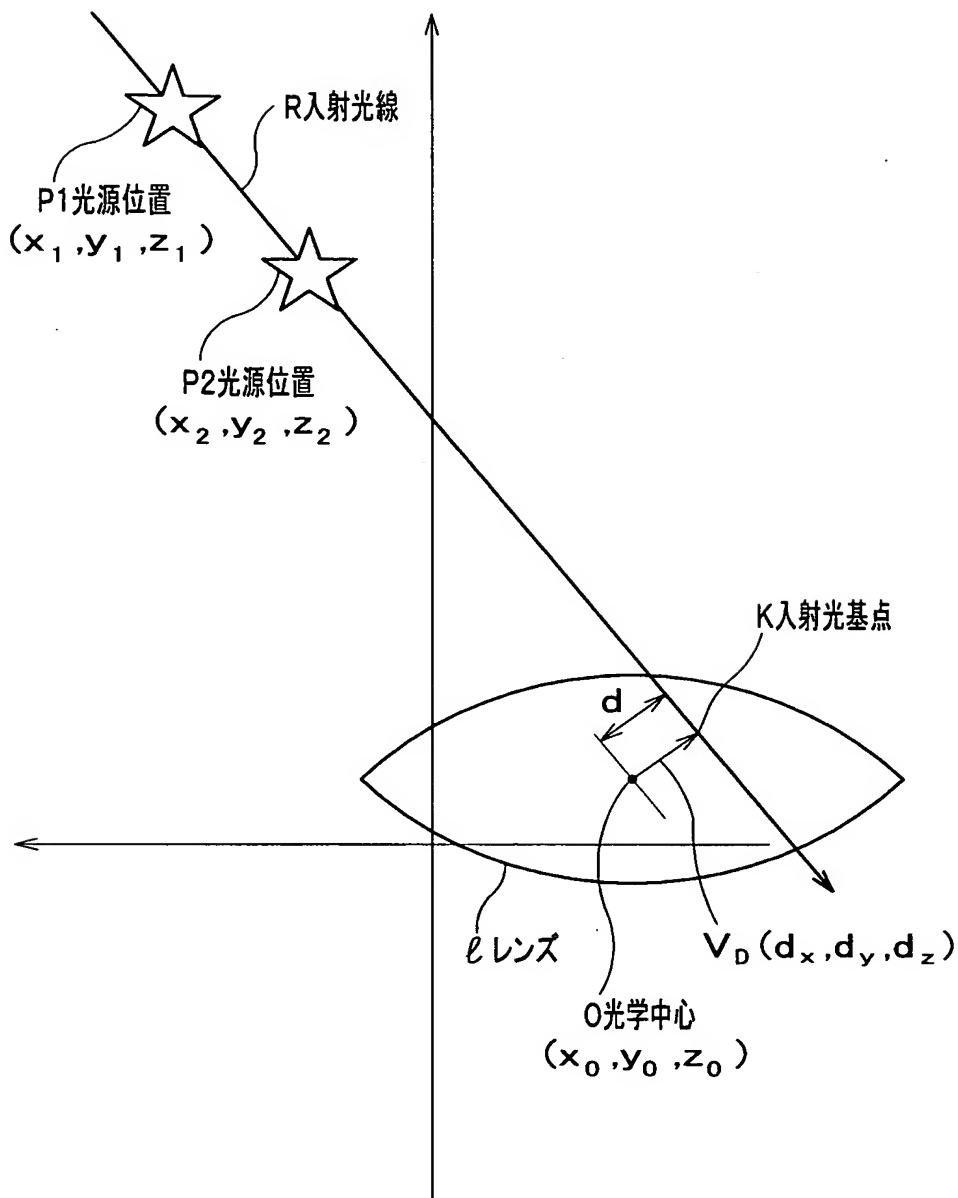
【図 7】



【図8】



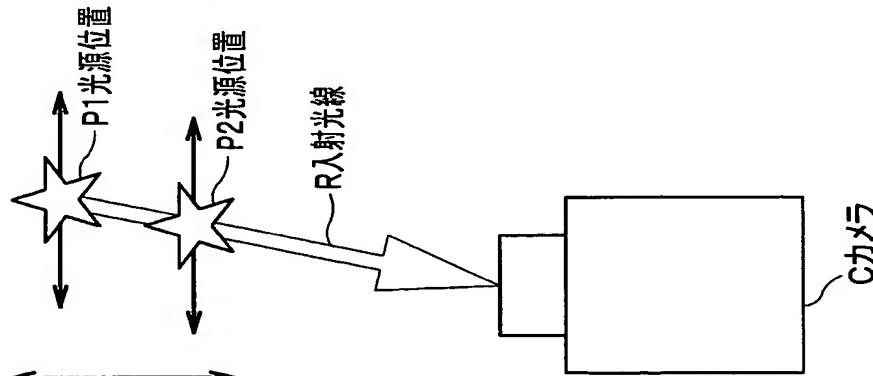
【図9】



【図10】

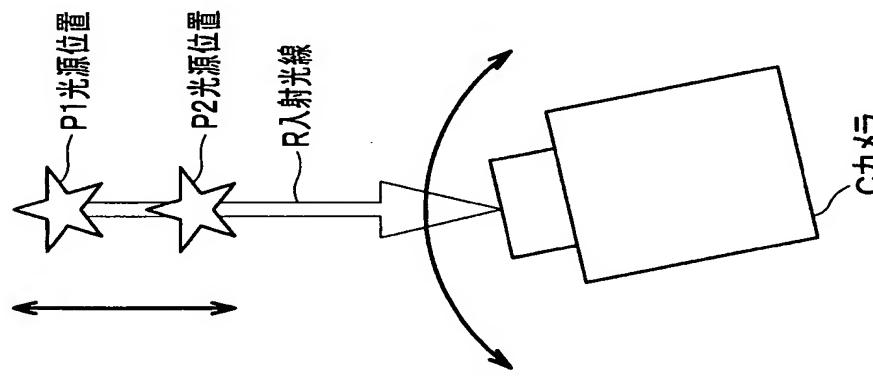
( b )

光源位置を3軸移動



( a )

光源位置を1軸移動+カメラを2軸回転



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 対象物の正確な形状を測定するレンジファインダを提供することを目的とする。

【解決手段】 レーザ照射装置 S0 から平行光線を対象物 OB に照射する。そして、投光器と一定の位置関係にあるカメラ C で対象物 OB を撮像する。カメラ C で撮影した画像から、対象物 OB の表面位置を計算するにあたって、カメラ C の光学中心 O と、カメラ C のレンズ系に入射される入射光線のズレ量を考慮し、撮像した画素ごとに、基準位置から入射光線まで変位量  $V_D$ だけずれたカメラ基点位置  $P_C$  から対象物 OB の方向を決める。

【選択図】 図 5

特願 2003-110466

出願人履歴情報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都港区南青山二丁目1番1号  
氏名 本田技研工業株式会社